

Robert Bédoret : robibedo@yahoo.frIsabelle Bricaud : i.bricaud@yahoo.frBenoît Malet : maletbenoit@yahoo.frPascal Olive : psi1montaigne@gmail.comPierre Salles : lycee.salles@laposte.netFrançois Lelong : psi2phch@gmail.comValérie Hoornaert : vhoornaert@gmail.comJérôme Fanjeaux : jerome.fanjeaux@free.fr**PSI2. PHYSIQUE. Semaine de colle 13, du lundi 6 au vendredi 10 janvier 2025.****Théorème d'Ampère.****Passage à l'électrodynamique**

Dans le cas statique,

MA s'écrit : $\text{rot}(\vec{B}) = \mu_0 \vec{j}$ qui donne $\oint_{\text{contour}} \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 \iint_{\text{surface}} \vec{j} \cdot \vec{n} dS = \mu_0 I_{\text{enlacé}}$

En dynamique, il faut tenir compte du courant de déplacement :

MA s'écrit : $\text{rot}(\vec{B}) = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}_d)$ qui donne $\oint_{\text{contour}} \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 \iint_{\text{surface}} (\vec{j} + \vec{j}_d) \cdot \vec{n} dS$

Voir exercice sur le condensateur en régime variable.

En-dehors des distributions de charges et courants, le champ électromagnétique est une onde.

Utilisation des relations de Maxwell pour obtenir un champ magnétique à partir d'un champ électrique fourni ou l'inverse.

Aspect énergétique.Densité d'énergie électromagnétique $u_{em} = u_e + u_m = \epsilon_0 \frac{E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu_0}$ en $J.m^{-3}$.Vecteur de Poynting $\vec{\Pi} = \vec{E} \wedge \frac{\vec{B}}{\mu_0}$ en $W.m^{-2}$. Donne la direction et le sens de la propagation de l'énergie.L'équation de conservation de l'énergie est : $\text{div}(\vec{\Pi}) + \vec{j} \cdot \vec{E} + \frac{\partial u_{em}}{\partial t} = 0$.Prop : la puissance traversant une surface S orientée est égale au flux du vecteur de Poynting à travers cette surface.On peut obtenir l'autoinductance L d'une bobine de N spires, de longueur ℓ , de section droite S :

$$L \approx \frac{\mu_0 S N^2}{\ell}$$

ARQS magnétique ou électrique.**Ondes électromagnétiques dans le vide. UNIQUEMENT DANS LE VIDE.****Si réflexion sur métal parfait, indiquer les propriétés**

En l'absence de charges et de courants, le champ électromagnétique obéit à l'équation de d'Alembert suivantes :

$$\Delta \vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = \vec{0} \quad \Delta \vec{B} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} = \vec{0}$$

Si on cherche une OPP selon les z croissants, les équations de Maxwell permettent de montrer que:

a) Les champs électrique et magnétique sont transverses et orthogonaux entre eux.

b) $E=cB$ c) Le trièdre $(\vec{e}_z, \vec{E}, \vec{B})$ forme un trièdre orthogonal directd) Le vecteur de Poynting $\vec{\Pi}$ est selon Oz donc il y a transfert d'énergie selon les z croissantse) $u_{em}=2u_e=2u_m$ et $\vec{\Pi}=u_{em} \vec{c}$, ce qui montre que l'énergie se propage à la vitesse c .La forme générale d'une OPPH est en $\cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{OM})$, où \vec{k} est le vecteur d'onde et sa norme $k = \frac{\omega}{c}$ est le nombre d'onde. $\lambda = \frac{2\pi}{k}$ est la périodicité spatiale ou longueur d'onde. \vec{k} indique la direction et le sens de la propagation de l'onde.

Si on adopte la notation complexe, le champ électromagnétique peut s'écrire :

$$\vec{E}(M, t) = \vec{E}_0 \cdot \exp[j(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{OM})] \quad \vec{B}(M, t) = \vec{B}_0 \cdot \exp[j(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{OM})]$$

$$\vec{E}_0 \cdot \vec{k} = 0 \quad \vec{B}_0 \cdot \vec{k} = 0 \quad \vec{E}_0 \cdot \vec{B}_0 = 0$$

Avec une telle écriture, la dérivation temporelle devient une multiplication par $j\omega$ et le vecteur \vec{v} devient $-j\vec{k}$. Les relations de Maxwell permettent alors de retrouver les propriétés précédentes et en plus la relation générale: $\vec{B} = \frac{\vec{k} \wedge \vec{E}}{\omega}$ à connaître.**REMARQUE** : il existe d'autres solutions que l'OPPH. **Vérifier que l'onde proposée est bien une OPPH avant d'utiliser les propriétés ci-dessus.** Se méfier aussi avant d'écrire $k = \frac{\omega}{c}$ valable uniquement pour une OPPH dans le vide.

Utilisation des relations de Maxwell pour obtenir toute la structure électromagnétique à partir de la donnée du champ électrique (ou magnétique).

Pour les calculs énergétiques sur u_{em} ou $\vec{\Pi}$, le passage en réel est **OBLIGATOIRE** avant tout calcul.